





Das Immunsystem durchbohrt die Zellwand eines Bakteriums. Unser Blut enthält Proteine, die eindringende Zellen erkennen und zerstören. In der oberen Hälfte dieser Abbildung sieht man Blutserum, die untere zeigt eine bakterielle Zellwand während eines Angriffs. Y-förmige Antikörpermoleküle erkennen die fremde Zelloberfläche und binden an sie; die Antikörper werden wiederum von sechsarmigen Proteinen (links) erkannt. Damit beginnt ein Prozeß, in dessen Verlauf ein Angriffskomplex gebildet wird, der die Zellwand durchbohrt (Mitte rechts). Die entstehenden Löcher sorgen dafür, daß das Ionengleichgewicht der eindringenden Bakterienzelle durcheinandergerät; sie dehnt sich aus und platzt. (1.000fach vergrößert)

David S. Goodsell

Labor Zelle

Molekulare Prozesse des Lebens

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
Hong Kong Barcelona
Budapest

Aus dem Amerikanischen von Isolde Tegtmeier

Mit 77 Abbildungen, davon 16 in Farbe

ISBN-13:978-3-642-78417-0 e - ISBN-13:978-3-642-78416-3

DOI: 10.1007/978-3-642-78416-3

Die Originalausgabe erschien 1993 unter dem Titel
»The Machinery of Life« im Springer-Verlag, New York
(ISBN-13:978-3-642-78417-0)

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1994

Redaktion: Ilse Wittig, Heidelberg
Umschlaggestaltung: Bayerl & Ost, Frankfurt,
unter Verwendung einer Illustration des Autors
Herstellung und Innengestaltung: Andreas Gösling, Heidelberg
Satz: Datenkonvertierung durch Springer-Verlag

67/3130 – 5 4 3 2 1 0 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

*Meinen Eltern,
David und Cheryl Goodsell*

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XI
----------------------	----

1 Einführung	1
Die Welt der Zellen	4
Die Welt der Moleküle	6
Die Molekülabbildungen	8

Teil I Moleküle und Leben

2 Molekulare Maschinen	15
Nucleinsäuren	16
Proteine	21
Lipide	25
Polysaccharide	27

3 Die Lebensprozesse	30
Die Nutzung vorhandener Energie	31
Die Herstellung einer identischen Kopie von sich selbst	51
Schutz und Wahrnehmung	56

Galerie der Molekularstrukturen	60
--	----

Teil II Die Moleküle in der Zelle

4 <i>Escherichia coli</i> – eine der einfachsten Zellen ...	95
Das Cytoplasma	96
Die Zellwand	98

Die Kernzone	102
--------------------	-----

5 Bäckerhefe -

Vorteile der Kompartimentierung	106
Das Cytoplasma	109
Die Mitochondrien	112
Der Zellkern	115
Der Proteintransport	119

6 Der Mensch - Vorteile der Spezialisierung

Das Blut	131
Die Nerven	136

7 Pflanzen -

Energiegewinnung aus dem Sonnenlicht	141
Die Zellwand	143
Die Photosynthese	145

Teil III Gesunde und kranke Zellen

8 Vitamine

Vitamin A (Retinal)	151
Die B-Vitamine	153
Vitamin C (Ascorbinsäure)	155
Vitamin D	157
Vitamin E (Tocopherol)	158

9 Viren - ein biologischer Raubüberfall

Poliovirus und Rhinovirus	161
Das Grippevirus	166
Das Human-Immunodeficiency-Virus (AIDS-Virus)	168

10 Gifte und Arzneistoffe

Breitspektrum-Gifte	170
Gifte und Arzneistoffe im Nervensystem	175
Schmerzstillende Mittel	180
Antibiotika	181
Entdeckung und Entwicklung neuer Arzneistoffe	183
Ausblick	185

Weiterführende Literatur	187
Atom-Parameter	188
Verzeichnis der Abbildungen	190
Sachverzeichnis	193

Vorwort

Stellen Sie sich einmal vor, wir könnten einen direkten Blick auf die Moleküle in unserem Körper werfen, vielleicht mit Hilfe eines Röntgenmikroskops oder einer Schrumpfungs- und Vergrößerungsmaschine à la Asimov (leider ist beides nach dem heutigen Stand der Technik nicht realisierbar). All die Wunder, die wir aus erster Hand miterleben könnten: Antikörper, die ein Virus angreifen; elektrische Impulse, die an Nervenfasern entlangschießen; Proteine, die neue DNA-Stränge aufbauen. Viele Fragen, über die sich die Biochemiker heute noch den Kopf zerbrechen, könnten auf einen Blick beantwortet werden. Doch die mikroskopisch kleine Welt der Moleküle ist von unserer vertrauten Welt durch einen unüberwindlichen, millionenfachen Größenunterschied getrennt.

Ich möchte mit den Illustrationen in diesem Buch dazu beitragen, diese Kluft zu überbrücken, und uns einen Blick auf die molekulare Struktur von Zellen ermöglichen; es ist kein direkter Blick, sondern eine künstlerische Interpretation dessen, was wir sehen *würden*. Zu diesem Zweck habe ich zwei Arten von Abbildungen entworfen: Zeichnungen, die einen kleinen Ausschnitt aus einer lebenden Zelle in einmillionenfacher Vergrößerung zeigen und die Anordnung der Moleküle in ihrem Innern wiedergeben, sowie Computermodelle, die den genauen atomaren Aufbau einzelner Moleküle erkennen lassen (Farbtafeln).

Während meiner Arbeit an den Illustrationen mußte ich mehrere Fragen klären, die für das Buch von Bedeutung waren. Da ist zum einen das Problem des Maßstabs. Die meisten von uns haben nur eine verschwommene Vorstellung davon, in welchem Größenverhältnis Wassermoleküle, Proteine, Ribosomen, Bakterien und Menschen zueinander stehen. Um ein besseres Verständnis von ihrer relativen Größe zu vermitteln, habe ich bei allen Ab-

bildungen mit wenigen, einheitlichen Vergrößerungsfaktoren gearbeitet. Den quadratischen Zeichnungen in den Kapiteln 4 bis 7, die einen Einblick ins Innere lebender Zellen bieten, liegt eine einmillionenfache Vergrößerung zugrunde. So sind sie direkt miteinander vergleichbar: durch Hin- und Herbliättern innerhalb dieser Kapitel lassen sich Größe und Aussehen von DNA, Lipid-Doppelschichten, Kernporen und all den anderen Molekülen in lebenden Zellen vergleichen. Bei den Computermodellen einzelner Moleküle habe ich zwei verschiedene Vergrößerungsmaßstäbe benutzt: zehnmillionenfache Vergrößerung, um ein ganzes Makromolekül abzubilden, und dreißigmillionenfache Vergrößerung zur besseren Darstellung kleiner Moleküle.

Ich habe für die Abbildungen auch eine einheitliche Darstellungsform gewählt; wiederum, um den direkten Vergleich zu ermöglichen. Für alle Moleküle wurde ein Raummodell verwendet; es gibt keine willkürlichen Sprünge zwischen Kopf-Schwanz-Modellen, Bindungs- und Banddiagrammen und chemischen Symbolen. Ich habe durchgängig versucht, meinen Lesern ein stimmiges Bild von der Form und Größe der Moleküle zu vermitteln.

Bei den Abbildungen, die das Innere von Zellen darstellen, habe ich mich bemüht, jeweils an der richtigen Stelle eine realistische Menge von Molekülen einzuzichnen, und auf die richtige Größe und Form geachtet. Die bis heute veröffentlichten Daten über die Verteilung und Konzentration von Molekülen sind jedoch bei weitem noch nicht vollständig und werden ständig ergänzt und differenziert. Deshalb unterliegen die Bilder von Zellen einer gewissen persönlichen Interpretation, insbesondere die Abbildungen der Hefe und der menschlichen Zellen in den Kapiteln 5 und 6. Dazu kommt, daß die genaue atomare Zusammensetzung der Moleküle in vielen Fällen noch nicht erforscht ist, so daß ein gewisser Spielraum für die Phantasie erhalten bleibt.

Ich habe den Text für Leser ohne wissenschaftliche Vorkenntnisse geschrieben; der Grad von wissenschaftlicher Genauigkeit bei den Abbildungen sollte jedoch auch Biochemiker zufriedenstellen. Dem Laien bietet das Buch eine Einführung in die Biochemie – eine reich bebilderte Übersicht über die Moleküle, die für den Ablauf der lebenswichtigen Prozesse im Körper sorgen. Es erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wer detailliertere Informationen sucht, sei auf die hervorragenden Lehrbücher verwiesen, die am Ende des Buches aufgelistet sind (Lubert Stryers *Biochemie* eignet sich hervorragend als Einstieg, und die *Molekular-*

biologie der Zelle von Alberts et al. erleichtert den Zugang zu den Original-Forschungsberichten in fast allen Bereichen der Biochemie.) Was die Biochemiker unter meinen Lesern betrifft, so hoffe ich, daß das Buch ihrer Vorstellungskraft Flügel verleihen wird. Die Abbildungen sollen ihnen helfen – so wie sie mir selbst geholfen haben – sich biologische Moleküle in ihrer natürlichen Umgebung vorzustellen: dichtgedrängt im Innern von lebenden Zellen.

Ich danke all denen, die dieses Projekt von Anfang bis Ende begleitet haben. Arthur Olson hat mir in jedem Stadium hilfreiche Anregungen gegeben und mir im Molecular Graphics Laboratory am Scripps Research Institute in La Jolla eine ausgezeichnete Arbeitsumgebung geboten. Die Computermodelle wurden mit Programmen erstellt, die ich im Rahmen des Daymon Runyon-Walter Winchell Cancer Research Fund und der National Institutes of Health entwickelt habe. Abschließend möchte ich Bill Grimm für seine Unterstützung und Zuversicht danken.